

Historia de la geología: el uniformismo escocés desde una perspectiva de la filosofía de la ciencia

Fernando Jesús Rivero Taravillo

Departamento de Biología y Geología del Instituto Español "Giner de los Ríos" de Lisboa (Portugal).

fergarraio@gmail.com

[Recibido en noviembre de 2014, aceptado en agosto de 2015]

En este trabajo tratamos de hacer una aproximación a la Historia y Filosofía de la Geología mediante la aplicación del concepto de tradiciones de investigación de L. Laudan al nacimiento de la geología como ciencia con la "Teoría de La Tierra" de J. Hutton y los "Principios de Geología" de C. Lyell, que sentaron las bases del uniformismo/actualismo hegemónico desde 1840 hasta los años 60 del siglo pasado con la aparición del neocatastrofismo. Así mismo, veremos cómo estos conceptos se pueden aplicar en La Formación del Profesorado y en el currículo de ciencias del Bachillerato.

Palabras claves: James Hutton; Charles Lyell; uniformismo; historia de la geología; filosofía de la geología; tradiciones de investigación.

History of geology: scottish uniformitarianism from the point of view of philosophy of science. Didactic implications

We are trying in this work to do an approximation to History and Philosophy of Geology by the application of the concept of "research traditions" from L. Laudan to the birth of geology as science with the "Theory of the Earth" by J. Hutton and the "Principles of Geology" by C. Lyell, which founded the uniformitarianism/actualism, hegemonic theory from 1840 to the sixties of the last century, with the appearance of neocatastrofism. Also, we will see how these concepts can be applied to teacher training and the curriculum of sciences of post-compulsory secondary education.

Keywords: James Hutton; Charles Lyell; uniformitarianism; history of geology; philosophy of geology; research traditions.

Para citar este artículo: Rivero Taravillo, F.J. (2016). Historia de la geología: el uniformismo escocés desde una perspectiva de la filosofía de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (1), 149-159. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18020>

Introducción

En la segunda mitad del siglo XVIII, Edimburgo se había convertido en la Atenas del norte, pues en una ciudad de poco más de 50.000 habitantes se produjo un esplendor científico que en nada envidiaba a París, capital cultural y científica del mundo, en plena Ilustración. Se produjo una simbiosis de mentes preclaras como el economista Adam Smith (1723-1790), el filósofo David Hume (1711-1776), el matemático John Playfair (1748-1819), Benjamin Franklin (1706-1790) y el "padre" de la geología James Hutton (1726-1787), considerado por algunos como el padre de la geología moderna, autor de las teorías plutonista, en contraposición a la neptunista del alemán Abraham Gotlob Werner (1749-1817), de la escuela de minas de Freiberg, y uniformitarista (uniformista de aquí en adelante, pues suena mejor en castellano), en contraposición a las teorías catastrofistas, representadas en el siglo siguiente por el barón Georges Cuvier (1769-1832), así como de una curiosa teoría cíclica o ahistórica de la Tierra (Alsina, 2013) desechada tras los descubrimientos paleontológicos posteriores. También es el primero en describir la diagénesis y el ciclo de las rocas, recordando las anticipaciones del filósofo y matemático alemán Gottfried Leibniz (1646-1716) en *Protogaea (La Tierra Primitiva)* de 1693, pero las del escocés están incomparablemente mejor fundamentadas, como recuerda Cailleaux (1961). Edimburgo hervía de actividad intelectual en los numerosos clubes como el Newtoniano o el Crochallan, en cuya fundación participó el naturalista y enciclopedista William Smelley (1740-1795), uno de los coeditores de la 1ª edición de la Enciclopedia Británica, o el Oyster, frecuentado por Hutton, y sociedades (la Filosófica, precursora de la Real Sociedad de Edimburgo). Como cita McIntyre (1997), Franklin escribió a un compatriota suyo: "Da la casualidad que en este momento se reúnen allí un grupo de hombres

verdaderamente tan selecto, de profesores y de diversas ramas del conocimiento, como no se ha dado nunca en otra época o país”.

Es en este contexto intelectual que surge una tradición de investigación (TI en lo sucesivo), en el sentido de Larry Laudan (1977), radicada en Escocia, que se inicia con la conferencia que James Hutton pronuncia en la *Royal Society* de Edimburgo en 1785, se continúa con su libro “Teoría de la Tierra” tres años después, se populariza con el libro de su amigo John Playfair, “Ilustraciones sobre la teoría huttonina de la Tierra”, de 1802, con los estudios de petrología experimental de James Hall (1761-1832) y prosigue con las doce ediciones de los “Principios de Geología” de Charles Lyell (1797-1875), aparecidas durante 45 años, desde 1830 a 1875. El primer volumen de la primera edición, que el capitán Fitzroy dio a Charles Darwin (1809-1882), justo antes de embarcarse ambos en el *Beagle*, fue ávidamente leído por éste durante la travesía. Cuando estaba en Sudamérica, recibió el segundo volumen, en el que Lyell hablaba de “centros de creación”, concepto del que Darwin se alejaría progresivamente, aunque no así del uniformismo geológico, de cuya tradición siempre participó, como demuestran sus trabajos sobre los atolones coralinos; siempre admiró a Lyell, al que consideraba autor de una revolución en las ciencias de la Tierra y cuyos trabajos revolucionarían también las ciencias de la vida (Cohen, 1989).

Esta TI se aparta de tradiciones anteriores cosmogenistas, como la del Conde de Buffon (1707-1788), que a su vez se puede remontar a los estudios geológicos de Nicolaus Steno (1638-1686), dentro de un marco filosófico cartesiano-mecanicista (Alsina, 2012), aunque el uniformismo/actualismo de Hutton y posteriormente de Lyell ya lo podemos encontrar esbozado en las publicaciones del danés, y entra en una acalorada controversia con las tradiciones bíblicas (*mosaic traditions*) que trataban de conciliar los conocimientos geológicos con las Escrituras, especialmente con su cronología, rivalizando como controversia con la que en torno del cambio de siglo XVIII al XIX mantuvieron plutonistas, con Hutton y sus seguidores a la cabeza, con los neptunistas de Werner.

Nuestro objetivo es estudiar los aspectos históricos y filosóficos de esta TI para, a partir de ella, hacer una propuesta didáctica basada en el estudio de algunos textos de Hutton o Lyell que sean utilizados en la enseñanza-aprendizaje de la geología, en 4º de ESO o Bachillerato, así como en la formación del profesorado de biología y geología en aspectos como la relación entre ciencia y sociedad o ciencia y religión, grandes controversias geológicas, origen de las rocas o el tiempo geológico, ampliando la propuesta que García Cruz y López Hernández (2004) hacen sobre el uso de escritos huttonianos a su continuador, C. Lyell.

Hacia una filosofía de la geología: ¿Revoluciones en geología o tradiciones de investigación geológica?

Se puede decir que la filosofía de la ciencia sufrió una revolución con la aparición del famoso libro de Thomas Kuhn (1962): *Estructura de las Revoluciones Científicas*. Este libro marca un antes y un después en el análisis filosófico de la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia y la epistemología. Transcurridos más de 50 años desde su aparición, podríamos decir que se ha convertido en una TI (la nueva filosofía de la ciencia) en el sentido laudaniano, aunque la teoría de Kuhn ha sido modificada por Lakatos, que habla de Programas de Investigación y, posteriormente, criticada por Laudan, que defiende que la ciencia se ha desarrollado más por Tradiciones de Investigación que por Revoluciones.

Es sorprendente comprobar que el libro de Kuhn, el cual tenía formación en Física y fue profesor de Historia de la Ciencia, con un impacto crucial en la Filosofía de la Ciencia de los últimos 50 años, es ignorado por gran parte del profesorado de ciencias, mostrando un

divorcio entre ciencia y filosofía de la ciencia. Nuestra intención con este artículo es acercar la filosofía de la ciencia al profesorado de Biología y Geología, mediante su aplicación al Uniformismo de Hutton y Lyell.

Pasemos, pues, a describir brevemente la nueva filosofía de la ciencia, como paso previo para iniciar la construcción de una filosofía de la geología. Siguiendo a Alsina (2012), la nueva filosofía de la ciencia, iniciada por Kuhn, continuada por algunos seguidores y por otros filósofos de la ciencia que han propuesto modelos de cambio científico alternativos, como Lakatos o Laudan, se caracteriza, entre otros, por los siguientes postulados:

- 1) La historia de la ciencia es la principal fuente de información para construir y poner a prueba los modelos filosóficos sobre la ciencia.
- 2) Las teorías científicas se construyen y evalúan dentro de marcos conceptuales más amplios, llámense paradigmas (Kuhn), programas de investigación (Lakatos) o tradiciones de investigación (Laudan).
- 3) Los propios marcos conceptuales cambian.
- 4) La ciencia no es una empresa totalmente autónoma, sino que depende de factores externos, ideológicos o sociales.
- 5) El desarrollo de la ciencia no es lineal ni acumulativo, sino que los cambios científicos son el resultado del conflicto entre teorías rivales, resolviéndose normalmente el conflicto con la aceptación de una teoría y el rechazo de su rival, y esto puede suponer pérdidas conceptuales.

Aplicando estos postulados a la geología, podríamos decir:

- La historia de la geología y el trabajo realizado por los grandes geólogos (Steno, Buffon, Hutton, Werner, Lyell, Wegener, Wilson,...) es la principal fuente de información para construir y poner a prueba un modelo filosófico de la geología.
- Las teorías geológicas se construyen y evalúan dentro del marco más amplio del plutonismo, uniformismo, movilismo,...(por ejemplo, la Teoría de la Tectónica de Placas, que supuso una revolución científica en el sentido kuhniano, dentro del movilismo, frente a las teorías geológicas que se movían dentro del paradigma fijista).
- Los marcos conceptuales en geología cambian: el movilismo de Wegener no es el mismo que el de la Tectónica de Placas, el modelo de corrientes de convección en el manto ha sufrido numerosas modificaciones,...
- La geología, como ciencia que es, no es totalmente autónoma del entorno social e ideológico en el que se mueve (esto es especialmente evidente en el caso de Wegener, la Teoría de la Tierra de Hutton se enmarca perfectamente en la vida intelectual del Edimburgo de finales del XVIII,...).
- La conexión entre la geología y el marco ideológico imperante no tiene por qué ser regresiva, sino que puede ser progresiva, como pone de manifiesto Alsina (2006), que afirma que “la teoría diluvial jugó un papel progresivo para resolver el problema de los fósiles y asignarles origen orgánico”.
- El desarrollo de la geología no es lineal ni acumulativo: la victoria del uniformismo de Hutton y Lyell sobre las tesis catastrofistas de Cuvier llevó a la pérdida conceptual de la importancia de los fenómenos catastróficos en geología, hasta el resurgimiento de las teorías catastrofistas, fuertemente apoyadas por el descubrimiento por la familia Álvarez (padre e hijo)

de que un gran meteorito acabó con los dinosaurios hace 65 Ma (límite K-T o Cretácico-Terciario).

Pasamos a describir brevemente otro modelo de cambio científico, dentro del marco conceptual de la nueva filosofía de la ciencia, donde el concepto fundamental son las tradiciones de investigación (TI). Sus postulados básicos son:

- 1) Toda TI se caracteriza por un cierto número de teorías específicas, bien contemporáneas o bien sucesoras de otras anteriores.
- 2) Toda TI está caracterizada por unos compromisos *metafísicos* y *metodológicos* que la distinguen de otras. Las teorías que forman una TI comparten una *metodología* y una *ontología*. La metodología es la manera como se enfrentan y resuelven los problemas. La ontología es el conjunto de cosas “realmente existentes” que, según estas teorías, forman la realidad (átomos, células, fósiles, etc.)
- 3) Cada TI, pero no cada teoría específica, puede formularse de maneras diferentes y pueden extenderse a lo largo de un considerable período de tiempo.

En lo que nos interesa en relación a la filosofía e historia de la geología, tenemos:

- 1) Toda TI geológica se caracteriza por un cierto número de teorías geológicas, que pueden ser una (la teoría de Lyell, pormenorizada en sus Principios de Geología, siglo XIX) la sucesora en el tiempo de otra (la teoría de Hutton, descrita en Teoría de la Tierra, finales del XVIII).

Tabla 1. Tradiciones de investigación en geología.

TRADICIONES DE INVESTIGACIÓN GEOLOGICA	TEORÍAS GEOLOGICAS Y AUTORES
Sedimentación y fosilización Ontología: mecanicismo y concepción particulada de la materia Metodología: método deductivo <i>more mathematico</i> (utilizando las matemáticas)	DESCARTES: Teoría de la Tierra en Los Principios de la Filosofía STENO: <i>Prodomus</i> : estratigrafía, paleontología y cristalografía BUFFON: Teoría de la Tierra, Las épocas de la naturaleza. TORRUBIA: Aparato de Historia Natural
Uniformismo y actualismo Ontología: tiempo absoluto o cíclico, teleología, mecanicismo, uniformismo, equilibrio dinámico Metodología: método abductivo, actualismo	HUTTON (Teoría de la Tierra) Plutonismo, uniformismo y ciclo del tiempo LYELL (Principios de Geología) Otros geólogos escoceses: PLAYFAIR, HALL
Movilismo continental	WEGENER (Deriva Continental) WILSON <i>et al.</i> (Tectónica de Placas)

- 2) Cada TI geológica implica ciertos compromisos *metafísicos* y *metodológicos* característicos que la distinguen de otras: los principios uniformistas y actualistas distinguen claramente la TI de Hutton y Lyell de la de Steno y Buffon. Tanto la ontología como la metodología de Hutton y Lyell se basan en un principio metafísico, una conjetura *a priori*, el Principio de Uniformidad de la Naturaleza.
- 3) Cada TI geológica discurre a través de un período de tiempo considerable, en el que cursan formulaciones diferentes: la TI uniformista se inicia en 1785 con la famosa conferencia de Hutton, se consolida y se impone a otras TI, como la catastrofista de Cuvier, y se prolonga, casi sin cambios, hasta el auge del neocatastrofismo en los años

60 del siglo XX, sin que se pueda decir que actualmente una de las dos TI haya derrotado a su rival.

Esbozo de Propuesta didáctica: Interpretación de fenómenos geológicos aplicando los principios uniformista y actualista a través de los estudios y escritos de Hutton y Lyell

James Hutton

Sobre 1760 Hutton comenzó sus estudios geológicos que le llevaron a concluir que “el presente es la clave del pasado”. 25 años después, animado por el químico Joseph Black (1728-1799), descubridor del dióxido de carbono, presenta su Teoría de la Tierra (“una investigación de las leyes observables en la composición, disolución y restauración de la tierra sobre el Globo”) en sendas conferencias en la *Royal Society* de Edimburgo, en marzo y abril de 1785, la primera leída por Black (él no pudo asistir por estar enfermo), la segunda por él mismo. A partir de ahí, inició una serie de excursiones por diferentes lugares de Escocia, en búsqueda de pruebas para su teoría.



En la primera de ellas (1785), estudió la geología de Glen Tilt (valle del Río Tilt, en las Montañas Cairngorm, en las Highlands (Perthshire, centro de Escocia).

En otra no tuvo ni que salir de Edimburgo, pues desde el centro de la ciudad se ve Salisbury Crags, risco de basalto columnar y diabasas o doleritas (rocas filonianas de composición similar al basalto, por lo que a la diabasa se suele llamar “granito negro”), junto al Arthur’s Seat, en medio de Holyrood Park:

En la zona de Salisbury Crags conocida como Sección de Hutton es posible para el ojo atento observar que el magma se abrió paso entre rocas sedimentarias (areniscas), formando *sills* (láminas o masas tabulares de rocas ígneas frecuentemente horizontales cuya intrusión se ha producido entre dos estratos sedimentarios o entre rocas sedimentarias con foliación) de dolerita 25 Ma (Mega-años o millones de años) más reciente. De nuevo aquí, encontró una prueba de la importancia del calor interno (del que ignoraba sus causas) en la formación de este tipo de rocas, contradiciendo la teoría rival neptunista, según la cual estas rocas se habrían formado como la sal a partir del agua del mar. También la conocida como Roca de Hutton es un filón hidrotermal de hematites (óxido férreo) que se ha conservado como una roca aislada roja en una zona que se utilizó como cantera para pavimentar las calles de Londres (siglo XVIII).

En 1787, Hutton llamó la atención sobre una discordancia angular (discordancia de Hutton) en Jedburgh (sudeste de Escocia), con grauvacas (rocas sedimentarias formadas por alteración del granito) silúricas (425 Ma) en estratos verticales, una capa intermedia de conglomerados y areniscas rojas antiguas (*old red sandstones*) devónicas (325 Ma), que le llenó de alegría al apoyar sus teorías. Siguiendo a Laudan (1977), vemos que la teoría huttoniana resulta exitosa, en la medida que resuelve numerosos problemas empíricos (geológicos en este caso), planteando el

mínimo de problemas conceptuales. De ambos tipos de problemas trata *El progreso y sus problemas*, de este filósofo de la ciencia.

En un viaje con el matemático John Playfair (posteriormente divulgador de las teorías huttonianas en sus *Ilustraciones de la Teoría de la Tierra*) por la costa este escocesa, en un entrante rocoso llamado Siccar Point encontró de nuevo una discordancia de este tipo, lo que consideró una prueba concluyente de su teoría uniformista de la evolución geológica. Otras excursiones geológicas tuvieron por destino Galloway (SO de Escocia) y la isla de Arran, cerca de las Hébridas.



Pasemos a analizar algunos fragmentos de “La Teoría de la Tierra” de James Hutton, para rastrear los principios ontológicos de su teoría como el finalismo o teleología (la Tierra tiene una finalidad: servir de morada al ser humano), su deísmo, postura filosófica que acepta la existencia y naturaleza de Dios a través de la razón y de la experiencia personal (Tierra creada por Dios para servir a la finalidad mencionada), su mecanicismo (la Tierra como una máquina), su creacionismo (máquina creada por una sabiduría superior), su concepto del tiempo profundo y cíclico (diferente de las cronologías bíblicas y de una visión lineal de la historia geológica), su actualismo (los fenómenos que actúan en la actualidad son los mismos que actuaron en el pasado geológico), uniformismo (los acontecimientos geológicos ocurren, en general, sin alteraciones repentinas o catastróficas sino a un ritmo uniforme), gradualismo (los procesos geológicos son lentos y graduales), evolucionismo geológico y biológico, habiendo quien considera a Hutton como un precursor de Darwin en proponer la selección natural para la evolución de las especies por las siguientes palabras de 1794, recogidas por Straham y Cadell (1999): “si un cuerpo organizado no está en la situación y circunstancias que mejor se adapten a su sustento y su reproducción, entonces,..., debemos estar seguros de que, por una parte, los que se apartan más de la mejor constitución adaptada, serán los más susceptibles de morir, mientras que, por otra parte, los cuerpos organizados que se acerquen más a la mejor constitución para las actuales circunstancias, serán los que mejor se adapten a continuación, en la preservación de sí mismo y multiplicación de los individuos de su raza”, plutonismo (origen geotérmico de los granitos y rocas filonianas) e incluso una cierta visión sistémica de la Tierra, que algunos, como García Cruz, han visto como un anticipo de la TGS (Teoría General de Sistemas) de von Bertalanffy y de la *Gaia* de Lovelock.

Comienza así: “Cuando esbozamos las partes de que se compone este sistema terrestre, y contemplamos la conexión general entre las mismas, el conjunto se presenta como una máquina construida de una forma peculiar, y adaptada a una cierta finalidad. Percibimos una fábrica elaborada con sabiduría, para obtener un propósito digno del poder que en apariencia

existe en su propia creación”. En este primer párrafo, según el traductor español, García Cruz y López Hernández (2004), Hutton “señala tres ideas que desarrollará más adelante con mayor profusión: la tierra como sistema, el mundo-máquina dentro de la filosofía mecanicista newtoniana y, contradictoriamente con ésta, se manifiesta implícitamente fiel con los postulados teleológicos aristotélicos”. Suponemos que el deísmo de Hutton era auténtico, aunque para García Cruz y otros autores, es altamente cuestionable, sería un intento de ocultar su ateísmo en una sociedad británica fuertemente marcada por las ideas religiosas. Recordemos que para el deísmo, Dios creó al mundo como un inmenso mecanismo (o reloj) pero le dotó de leyes para que funcionara por sí mismo. Tenemos en el concepto de mundo como una máquina, un constructor (Dios) y una finalidad (hacer posible la vida del hombre). Por otro lado, la hipótesis de las influencias aristotélicas en Hutton se fundamenta en su teleología. Pero son de orden distinto. Aristóteles ve el mundo desde la imagen de la biología, y su modelo es el organismo vivo. Hutton ve el mundo como una gran máquina, y su modelo es el mecanicismo.

“Para adquirir una visión general o comprensible de este globo terrestre,..., es necesario distinguir tres partes diferentes que componen el todo. A saber: la masa sólida de la Tierra, la masa acuosa del mar, y el fluido elástico del aire”.

A continuación, se proponen, en letra cursiva, algunas actividades destinadas bien al alumnado de 4º de ESO, Bachillerato (Biología y Geología de 1º y Geología de 2º) o bien a los estudiantes de Magisterio o del Master para profesores de Secundaria de la especialidad de Biología y Geología:

1. *Se podría elaborar una presentación mediante PowerPoint o una webquest sobre la Tierra como sistema, teniendo en cuenta los conceptos previos del alumnado sobre los 4 subsistemas terrestres (atmósfera, hidrosfera, geosfera y biosfera), partiendo del párrafo anterior de Hutton, y comparándolo con la TGS y la Hipótesis Gaia.*

“No debemos permanecer por más tiempo en la ignorancia con respecto a la historia natural de esta tierra, un tema sobre el que, hasta la fecha, sólo han sido decisivas las opiniones, y no las pruebas”. En este mismo párrafo, Hutton hace alusión a las vanas conjeturas y falsas teorías de los filósofos que hasta entonces habían elaborado diversas teorías de la Tierra, todas ellas sin la menor base empírica, por lo que dice Hutton que hay que elaborar una nueva teoría de la Tierra a la luz de las pruebas. De ahí que él mismo se lanzase a buscar pruebas para su teoría en numerosas excursiones geológicas por Escocia. En esto demuestra la influencia de su paisano, el filósofo David Hume, que afirma que todo conocimiento deriva, en última instancia, de la experiencia sensible, siendo ésta la única fuente de conocimiento y sin ella no se lograría saber alguno. Sin embargo, encontramos una cierta contradicción en Hutton: dice rechazar las “vanas conjeturas” cuando en realidad toda su teoría geológica se basa en la conjetura metafísica *a priori* de la uniformidad de los procesos naturales. Esta uniformidad es *a posteriori* contrastada y corroborada por las observaciones en el más puro estilo deductivo. Nuestra hipótesis es que todo ello es debido a la gran influencia de la filosofía natural newtoniana, tanto en los aspectos metodológicos como ontológicos. Al suponer la uniformidad de la naturaleza (axioma huttoniano o hipótesis como postulado o suposición creados libremente por la inteligencia para poder ordenar o derivar de ellos otros enunciados) podemos concluir que los procesos geológicos del pasado son los mismos del presente, y, por tanto, observando los actuales procesos podemos descifrar la historia de la Tierra y su funcionamiento (actualismo). La metodología es muy parecida a la seguida por Newton en sus *Principios Matemáticos de Filosofía Natural*.

2. *Describe y compara la importancia de las pruebas en la elaboración de diferentes teorías geológicas (la de Hutton, la de Wegener y la Tectónica de Placas), dilucidando qué fue primero: el descubrimiento de ciertos hechos en la superficie terrestre, que llevaron a la elaboración de la teoría o la elaboración de ésta y la búsqueda posterior de pruebas que apoyasen a la teoría previamente desarrollada. Explica en cada caso, si la metodología empleada fue deductiva o inductiva o una mezcla de ambas, y si el método científico o hipotético-deductivo, tal como se enseña en secundaria, fue empleado tal cual o con algunas modificaciones.*

El estudiante de geología debe llegar a la conclusión de que Hutton empleó una combinación de la metodología inductiva y la deductiva para solucionar los problemas geológicos.

Charles Lyell

Tras haber hecho un breve repaso a las teorías huttonianas desde el punto de vista de la filosofía de la geología, vamos a ver cómo el abogado de formación y geólogo de vocación Charles Lyell (nacido en Escocia en 1797, unos meses después de la muerte de Hutton, y muerto en Londres en 1875) continuó con la TI iniciada por Hutton, el otro gran geólogo escocés, popularizando el uniformismo y derrotando, al menos por un siglo y medio, a la TI rival, el catastrofismo, que en el primer tercio del siglo XIX, bajo la influencia de Cuvier, era la más popular en el mundo académico, incluso el británico.

El primer volumen de sus famosísimos *Principles of Geology* vio la luz en 1830. En 1832 aparecieron los volúmenes 2º y 3º, quedando completa la obra. Sin embargo, posteriormente, fueron apareciendo nuevas ediciones, siendo la última la 12ª, apareciendo póstumamente en 1875. El subtítulo, como siempre en los libros de la época, nos da una idea de la intención de la obra: *Principles of Geology: being an attempt to explain the former changes of the earth's surface, by reference to causes now in operation*, es decir, los Principios de Geología constituyen un intento de explicar los cambios ocurridos en la superficie terrestre, mediante referencia a las causas que operan actualmente. La tesis del libro es que los procesos que ocurren en el presente son los mismos que ocurrían en el pasado, o que “el presente es la clave del pasado”.

Vamos a tomar como referencia para nuestro estudio la versión descargable, en diferentes formatos de lectura, del Proyecto Gutenberg de la 9ª edición (Lyell, 1854), por su fácil consulta. La obra consta de tres libros o partes bien diferenciadas:

Libro I: capítulos I a XIII. En el capítulo I define la geología y la relaciona con las otras ciencias. Los capítulos II a IV constituyen una historia de la geología desde las antiguas cosmologías hasta el uniformismo de Hutton. En el V hace referencia al tiempo geológico; en los capítulos VI a VIII nos habla de los cambios climáticos y su influencia en la geografía física; el IX trata del desarrollo progresivo de los seres vivos y del origen moderno del Hombre; el X trata del agua como agente geológico; el XI de las fuerzas ígneas y del vulcanismo; el XII del origen de las rocas endógenas: magmatismo y metamorfismo; por último el XIII nos da su punto de vista sobre la controversia entre las dos doctrinas opuestas: la catastrofista y la uniformista.

Libro II: capítulos XIV a XXXII. Trata de los cambios observables actualmente en el mundo inorgánico. Del XIV al XXI nos detalla con multitud de ejemplos la acción geológica del agua. Del XXII al XXVI nos explica detalladamente el vulcanismo, con gran cantidad de ejemplos, especialmente del sur de Italia, en el XXVI menciona el vulcanismo canario. El XXVII trata de la acción geológica de los terremotos, ejemplificándola en el XXVIII con el terremoto de 1783 de Calabria. El XXIX nos habla de la elevación y subsidencia del terreno en lugares afectados por terremotos, con el famoso ejemplo del templo de Serapis, en Pozzuoli, cerca de

Nápoles, un grabado del cual nos ilustra la portada de la obra. El XXX trata de un tema que se desarrollaría después, el de los cambios isostáticos (él no emplea el término isostasia), poniendo como ejemplo la elevación de la Península Escandinava. Los capítulos XXXI y XXXII hablan de diferentes teorías para explicar las causas de los terremotos y volcanes.

Libro III: capítulos XXXIII a L. Este libro trata de lo que hoy conocemos como biología (concepto de especie y su evolución, en la que Lyell no cree), ecología y biogeografía, así como de paleontología. La inclusión de numerosos capítulos de biología en una obra de geología sólo se entiende si se ha leído la definición de esta ciencia que Lyell nos da en el primer capítulo de la obra: “Geología es la ciencia que investiga los cambios sucesivos que han tenido lugar en los reinos orgánico e inorgánico de la naturaleza”. Comienza con la controversia de la existencia real de las especies, para pasar a explicarnos los fenómenos de hibridación, la distribución geográfica de plantas y animales, la extinción y creación de especies, la fosilización en diferentes tipos de sustratos y finalmente, en el último capítulo, la formación de corales.

Se pueden elegir una gran cantidad de párrafos de esta monumental obra de la Geología para ilustrar la visión de Lyell sobre los cambios geológicos. Si el alumnado es de un centro bilingüe, el libro constituye un excelente material para trabajarlo en clase o en casa. Si el alumnado no tiene un buen nivel de inglés, dado que incomprensiblemente no hay traducción al castellano, el profesorado (de ciencias o de inglés) deberá dar traducido o ayudar en la traducción. Si se trata de formación del profesorado, se puede incidir en los aspectos más teóricos, las disputas y controversias geológicas entre diferentes TI (Libro I), si se trata de que el alumnado de 4º de ESO o de Bachillerato comprenda mejor los fenómenos geológicos, se pueden seleccionar diferentes fragmentos del Libro II.

Para situar a Lyell dentro de la tradición huttoniana, debemos ver lo que Lyell dice de él, pues aun perteneciendo a la misma TI (uniformista) no deja de ser crítico con el geólogo de Edimburgo. En el capítulo IV, Lyell menciona un párrafo de Hutton: “Las ruinas de un mundo más antiguo están presentes en la estructura presente de nuestro planeta; los estratos que ahora forman parte de nuestros continentes estuvieron una vez bajo el mar, y se formaron a partir de los detritos de continentes preexistentes. Las mismas fuerzas todavía están destruyendo, por descomposición química o violencia mecánica, incluso las rocas más duras, y transportando los materiales al mar, donde son diseminados, y forman estratos análogos a aquellos de edad más antigua. Aunque ampliamente depositados a lo largo y ancho del fondo oceánico, finalmente son alterados y consolidados por el calor volcánico, siendo después elevados, fracturados y plegados”. En este párrafo de 8 líneas, vemos que Hutton estaba muy acertado, excepto por un par de palabras, las que nos dan la causa de la consolidación de los sedimentos, lo que hoy llamaríamos diagénesis (compactación y cementación).

Veamos el comentario de Lyell al respecto: “Aunque Hutton nunca exploró ninguna región de volcanes activos, se convenció a sí mismo de que el basalto y otras trap-rocks (rocas ígneas oscuras de grano fino) eran de origen ígneo y que muchas de ellas habían sido inyectadas en estado fluido en estratos más antiguos... Para dar respuesta a las objeciones levantadas contra su teoría, su amigo, sir James Hall, llevó a cabo los más instructivos y curiosos experimentos químicos, ilustrando la ordenación y textura cristalina asumida por la materia fundida enfriada bajo presión”.

Más adelante, nos dice Lyell que “lo más característico de la teoría huttoniana era la exclusión de cualquier causa que no ocurra en el orden presente de la naturaleza. Pero Hutton no fue más allá de lo expresado por Hooke, Moro o Raspe, en señalar de qué manera las leyes que gobiernan el mundo subterráneo son las causantes de los cambios geológicos, si transcurre el suficiente tiempo. Por el contrario, él parece haber ido muy poco más allá de sus puntos de vista, especialmente cuando rechazaba atribuir cualquier parte de la configuración de la corteza

terrestre a la subsidencia. Imaginaba que los continentes primero eran destruidos por la erosión hídrica y los detritos resultantes se iban acumulando para formar nuevos continentes, que finalmente eran levantados por violentas colisiones, alternando, por tanto, períodos de grandes cambios geológicos con otros de reposo y calma; y él creía que así había sido siempre y así sería para siempre el curso de la naturaleza”.

A continuación, Lyell sigue criticando la teoría huttoniana a través de su explicador, Playfair, quien publicó *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* (Playfair, 1802): “La explicación propuesta por Hutton, y por Playfair, el aclarador de su teoría, respecto al origen de los valles y de las acumulaciones aluviales, también era muy imperfecta. Ellos no adscribían ninguna de las desigualdades de la superficie de la Tierra a movimientos que acompañaran al levantamiento del terreno, imaginando que los valles en general se habían formado en el transcurso del tiempo geológico, por los ríos que actualmente transcurren por ellos; mientras que no parecen haber reflexionado sobre el poder de excavación y transporte que las olas oceánicas pueden ejercer sobre la tierra emergente”. Continúa Lyell con un párrafo donde reconociendo que Hutton estaba muy versado en química y mineralogía, su conocimiento de los restos orgánicos (fósiles) era muy exiguo, lo que le llevó a él y a Playfair a mantener ideas erróneas sobre el tiempo geológico, comentadas anteriormente.

Para el alumnado de 4º de ESO o Bachillerato se pueden elegir ejemplos del Libro II, como, por ejemplo, donde habla de las erupciones volcánicas en Lanzarote, entre 1730 y 1736, o del vulcanismo de Tenerife (capítulo XXVI). Por ejemplo: Formación reciente de travertinos oolíticos en Lanzarote.

3. *Investiga sobre los diferentes tipos de calizas y especialmente sobre los travertinos y calizas oolíticas y pisolíticas.*
4. *Realiza una interpretación actualista del siguiente párrafo, extraído de la obra de Lyell: “A lo largo de una parte considerable de Lanzarote, las viejas lavas están cubiertas por un fino estrato de caliza, de una pulgada a dos pies de espesor. Es de una naturaleza estalactítica, algunas veces oolítica, como la caliza del Jura, y contiene fragmentos de lava y de conchas terrestres, principalmente caracoles y otros gasterópodos con concha en espiral. Algunas veces alcanzan una altitud de 800 pies sobre el nivel del mar”. Tras comparar diferentes interpretaciones por parte del alumnado, se presentarían las que nos brinda Lyell: “Von Buch imagina que este remarcable superestrato ha sido producido por los furiosos vientos del noroeste, que en invierno conducen la humedad del mar en nubes sobre la isla entera y de aquí que las partículas calcáreas se depositen de un modo estalactítico. Mr Darwin me informa que él ha encontrado una caliza en Santa Helena, las partes más duras de las cuales se corresponden precisamente con la roca de Lanzarote. Él atribuye el origen de esta roca de Santa Helena no a los vientos marinos sino a vientos violentos que transportan partículas de conchas desde la playa. Algunas partes de ellas son posteriormente disueltas por la humedad atmosférica y redepositadas de modo que las arenas calcáreas se convierten en oolitos”.*

Conclusiones

Creemos que se le puede sacar un gran partido didáctico a los textos originales tanto de Hutton como de Lyell en la enseñanza de la geología, tanto por parte de estudiantes de secundaria como de futuros profesores de ciencias naturales o biología y geología. Así mismo, hemos querido resaltar, por un lado, cómo una ciencia hoy rechazada por muchos estudiantes (en contraste con la biología) llegó a ser la ciencia de moda en la Escocia de hace poco más de 200 años y, por otro lado, mostrar que se le puede aplicar un análisis desde la moderna

filosofía de la ciencia a la ciencia geológica y que este análisis contribuye a construir unas bases sólidas sobre la ciencia y su construcción a los estudiantes que se están preparando para la profesión docente.

Referencias bibliográficas

- Alsina, J. (2006). *Historia de la geología: una introducción*. Editorial Montesinos.
- Alsina, J. (2012). *Buffon y el descubrimiento del tiempo geológico*. Ediciones Nueva República.
- Alsina, J. (2013a). Nicolás Steno y la primera generación de conceptos geológicos. *La Razón histórica*, 21. 41-68.
- Alsina, J. (2013b). James Hutton y el ciclo del tiempo. *El Catoblepas*, 142, 9. Recuperado de: <http://www.nodulo.org/ec/2013/n142p09.htm>.
- Cohen, I. B. (1989). *Revolución en la Ciencia*. Editorial Gedisa.
- García Cruz, C. M. y López, Hernández, M. (2004). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12 (2). 142-148.
- Laudan, L. (1977). *Progress and its Problems*. University of California Press, Ltd.
- Lyell, C. (1854): *Principles of Geology or, the modern changes of the Earth and its inhabitants considered as illustrative of geology*. Nueva York, Appleton en. Publicado en 2010 en la web del Proyecto Gutenberg. Recuperado de: <http://www.gutenberg.org/files/33224/33224-h/33224-h.htm>
- Playfair, J. (1802). *Illustrations of the Huttonian Theory of Earth*. Reimpreso por Cambridge University Press en 2011.
- Straham, W. y Cadell, T. (1999). *An investigation on the principles of knowledge and the progress of reason, from sense to science and philosophy*. Edimburgo. Edición facsimil en Bristol: Toemmes Press.

Anexo. Otra bibliografía consultada

- Caillaux, André (1961): *Histoire de la géologie*. Versión en castellano (1972): *Historia de la geología*. EUDEBA (Editorial Universitaria de Buenos Aires).
- Hallam, A. (1985). *Grandes controversias geológicas*. Ed. Labor.
- Hutton, J. (1794). *An investigation of the principles of knowledge and of the progress of reason, from sense to science and philosophy* [Investigación de los principios del conocimiento y de los progresos de la razón, desde el sentido de la ciencia y la filosofía] (en inglés). Edimburgo: Strahan & Cadell. [Edición facsimil en Bristol: Thoemmes Press (1999)]. Reseñado por Paul N. Pearson en *In retrospect*, revista Nature de 18 de octubre de 2003.
- Hutton, J. (1785). Teoría de la Tierra. Traducido por García Cruz, C.M. (2004), en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12 (2), 160-169.
- Mc Intyre, D.B. (1997). *James Hutton's Edinburgh: The historical, social and political background*. En *Earth Sciences History*, 16 (2). 100-157. El Edimburgo de James Hutton (1726-1727), versión abreviada y traducida por García Cruz, C.M. (2004). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12 (2), 117-125.